

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan konsumsi energi di sektor bangunan telah menjadi perhatian utama secara global, seiring dengan meningkatnya dampak perubahan iklim dan kebutuhan pengurangan emisi karbon. Menurut laporan United Nations Environment Programme (United Nations Environment Programme, 2021), sektor bangunan berkontribusi sekitar 36% dari total konsumsi energi akhir dan 37% emisi CO₂ secara global. Bahkan di Indonesia, data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM, 2020) menunjukkan adanya peningkatan signifikan konsumsi energi khususnya di gedung perkantoran yang masih banyak bergantung pada sistem pendingin mekanis seperti *Heating, Ventilation, and Air Conditioning (HVAC)*. Ketergantungan pada HVAC ini, terutama di daerah beriklim tropis lembap seperti Indonesia, menyebabkan beban energi yang tinggi dan berdampak signifikan terhadap lingkungan dan biaya operasional (Wijaya and Pasila, 2025). Kondisi ini menegaskan pentingnya pengembangan strategi desain hemat energi, salah satunya melalui ventilasi alami yang memanfaatkan aliran udara luar tanpa konsumsi daya tambahan (Che et al., 2019).

Objek penelitian ini adalah Gedung Balai Kota Magelang, sebuah gedung perkantoran bertingkat 10 lantai yang telah meraih Penghargaan Gedung Bangunan Hijau (*Green Building Award*) kategori Utama dari Kementerian PUPR. Penghargaan ini menegaskan komitmen pada prinsip keberlanjutan dalam fase perencanaan dan desain. Namun demikian, kinerja realisasi pasca-konstruksi belum

dapat diuji, terlebih karena tantangan utama pada tipologi bangunan bertingkat yang tidak memiliki void atau atrium sebagai saluran sirkulasi vertikal alami. Kondisi ini berpotensi menyebabkan stagnasi udara di beberapa zona kerja lantai bawah.

Untuk mengatasi tantangan tersebut, dalam desain bangunan direncanakan strategi ventilasi alami berupa sistem *Windcatcher* di atap gedung, dengan integrasi *Solar Chimney* yang mengalirkan udara segar dari *windcatcher (inlet)*, lalu ke ruangan utama kantor, dan kemudian ke *solar chimney (outlet)*. Sistem ini menggabungkan tekanan angin dari *Windcatcher* dengan efek *buoyancy* dari *Solar Chimney*, sehingga kemungkinan bisa menciptakan aliran udara yang stabil meskipun kecepatan angin rendah. *Windcatcher* menangkap udara segar dari ketinggian dengan kecepatan angin yang relatif kencang (Glumac et al., 2018), kemudian mendistribusikannya ke setiap lantai, sementara *Solar Chimney* memperkuat aliran angin keluar melalui perbedaan tekanan akibat pemanasan udara di dalam cerobong (Kumar et al., 2025). Sinergi keduanya memungkinkan sirkulasi udara vertikal yang efisien tanpa membutuhkan void, sekaligus mendukung efisiensi energi dan kenyamanan termal pada bangunan tinggi di wilayah tropis.

Penelitian oleh Prima and Sugini, (2019) menunjukkan bahwa kombinasi *Windcatcher* dan *Solar Chimney* dapat secara signifikan meningkatkan laju aliran udara, bahkan saat kecepatan angin lemah menjadikannya solusi ideal untuk bangunan tinggi di kawasan padat perkotaan. Temuan serupa dari Gong, Chew and Lee, (2023) memperkuat hal tersebut, di mana desain cerobong surya pada bangunan tinggi (10-50 lantai) terbukti mampu menghasilkan aliran konveksi yang stabil dan efisien, terutama bila bentuk serta ketinggiannya dioptimalkan.

Pendekatan pasif-hibrida ini tidak hanya memperbaiki kualitas ventilasi alami, tetapi juga mendukung efisiensi energi bangunan dengan mengurangi kebutuhan pendinginan mekanis, sehingga berkontribusi langsung pada penghematan energi dan penurunan emisi karbon (Prima and Sugini, 2019).

Selain pendekatan kombinasi *Windcatcher* dan *Solar Chimney* konvensional, sejumlah penelitian terbaru menunjukkan bahwa penggunaan *Solar Chimney* berundak atau tersegmentasi secara vertikal memiliki potensi besar sebagai strategi adaptif untuk bangunan bertingkat. Almazmumi, Sun, *et al.*, (2025) memperkenalkan konsep sistem ventilasi vertikal eksternal berbentuk cerobong berlapis, di mana aliran udara dan saluran buang didesain mengikuti pembagian lantai bangunan, bukan lagi berupa satu kolom cerobong yang beroperasi tanpa kontrol antarlevel. Pendekatan baru ini terbukti mampu mengurangi ketimpangan aliran antar lantai, menjaga stabilitas tekanan sepanjang ketinggian bangunan, serta mengurangi risiko *flow reversal*.

Lebih jauh, desain *Solar Chimney* berundak memungkinkan setiap kelompok lantai bertindak sebagai zona transisi tekanan (*pressure transition zone*). Dengan mekanisme tersebut, efek buoyancy yang terbentuk akibat pemanasan dinding cerobong tidak terakumulasi secara berlebihan pada lantai atas, tetapi terdistribusi secara bertahap sehingga tetap mampu menghasilkan tarikan udara yang stabil dari lantai-lantai bawah. Prinsip ini sesuai dengan karakteristik bangunan bertingkat di iklim tropis lembap, yang umumnya memiliki gradien temperatur vertikal yang relatif kecil namun mengalami fluktuasi angin luar yang signifikan (Prajongsan and Sharples, 2012). Melalui sistem segmentasi vertikal, performa cerobong dapat

beradaptasi terhadap dinamika perubahan tekanan dan temperatur lingkungan, sekaligus membuka peluang integrasi yang lebih efisien dengan *Windcatcher* pada bagian atap.

Penelitian ini akan melakukan evaluasi kinerja kombinasi *Windcatcher-Solar Chimney* tersebut menggunakan pendekatan simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dengan software Autodesk CFD. Penelitian ini menerapkan pendekatan non-isothermal karena prinsip kerja *Solar Chimney* secara inheren bergantung pada fenomena termal, khususnya efek cerobong (*stack effect*) yang timbul akibat perbedaan suhu antara udara di dalam cerobong dan lingkungan. Dengan pendekatan ini, karakteristik aliran udara yang dianalisis mencakup interaksi antara kecepatan, tekanan, dan gradien temperatur sehingga memberikan gambaran performa sistem yang lebih realistis. Adapun parameter evaluasi kinerja ventilasi mengacu pada standar kenyamanan termal ASHRAE-55, sehingga hasil penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan rekomendasi teknis yang valid, aplikatif, dan sesuai untuk pengembangan strategi ventilasi alami pada gedung bertingkat tanpa void di iklim tropis lembap.

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini diformulasikan dengan dasar inti penelitiannya pada konfigurasi desain *Windcatcher* yang paling efektif dalam meningkatkan efisiensi ventilasi alami pada bangunan bertingkat tinggi tanpa void pada Gedung Balaikota Kota Magelang. Dengan mempertimbangkan bahwa bangunan ini tidak memiliki ruang sirkulasi vertikal alami, simulasi teknis difokuskan pada kinerja sistem

Windcatcher dalam kondisi batas lingkungan yang direpresentasikan oleh data iklim tahunan Kota Magelang. Sehingga dalam hal ini, terdapat poin-poin yang menjadi pertanyaan penelitian yaitu:

1. Bagaimana pengaruh penerapan kombinasi *Windcatcher* dan *Solar Chimney* terhadap pendistribusian aliran udara, kecepatan udara, dan laju pergantian udara alami di gedung kantor Balaikota Magelang tanpa void?
2. Bagaimana mekanisme interaksi antara ventilasi berbasis tekanan angin (*wind-driven*) dan ventilasi berbasis gaya apung termal (*stack effect*) pada sistem TWC-SC dalam membentuk pola aliran udara antar lantai?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan ruang lingkup untuk menjaga fokus dan kedalaman analisis yang dibahas yakni secara detailnya dijabarkan pada beberapa poin berikut:

1. Objek Studi: Desain final Gedung Balaikota Magelang, sebuah bangunan perkantoran 10 lantai tanpa void atau atrium internal, berlokasi di Kota Magelang, Jawa Tengah
2. Fokus Teknologi: Analisis terbatas pada kinerja sistem *windcatcher* yang terintegrasi dengan *solar chimney* sebagai strategi penghawaan alami.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini secara jelas bertujuan untuk mendapatkan jawaban dari 2 poin pertanyaan penelitian yakni:

1. Mengevaluasi kinerja sistem penerapan kombinasi *Windcatcher* dan *Solar Chimney* terhadap pendistribusian aliran udara, kecepatan udara, dan laju pergantian udara alami di gedung kantor Balaikota Magelang tanpa void.
2. Menganalisis mekanisme interaksi antara ventilasi berbasis tekanan angin (*wind-driven*) dan ventilasi berbasis gaya apung termal (*stack effect*) pada sistem TWC-SC dalam membentuk pola aliran udara antar lantai.

1.5 Manfaat Penelitian

1. **Manfaat Teoritis:** Mengisi kesenjangan literatur mengenai aplikasi dan evaluasi kuantitatif sistem *Windcatcher* yang terintegrasi *Solar Chimney* pada bangunan tinggi modern tanpa void di konteks iklim tropis lembap urban
2. **Manfaat Praktis:** Memberikan rekomendasi teknis berbasis bukti (*evident-based*) yang dapat langsung diimplementasikan pada pembangunan Gedung Balaikota Magelang. Hasil penelitian juga dapat menjadi model acuan bagi bangunan pemerintah lainnya dan memberikan masukan bagi perumusan kebijakan BGH di Indonesia. Di masa depan, hasil riset diharapkan dapat dikembangkan menjadi sistem prediksi berbasis IoT untuk manajemen gedung yang cerdas.

1.6 Keaslian Penelitian

Beberapa penelitian sebelumnya menggambarkan bagaimana nilai hubungan dan keberlanjutan dengan penelitian ini yang secara lengkap tertera pada tabel 1.1

Tabel 1. 1 Penelitian Terdahulu yang Relevan

No	Peneliti (Tahun)	Judul Penelitian	Fokus Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian	Parameter
1	(Almazmumi et al., 2025c)	A novel wall <i>Windcatcher</i> (WWC) natural ventilation system evaluated through CFD and experimental field testing - a solution to single-sided ventilation in multi-story buildings?	Desain <i>Windcatcher</i> dinding inovatif untuk bangunan bertingkat	CFD dan pengujian lapangan	Ventilasi meningkat 42% di gedung bertingkat	Rasio <i>Inlet-Outlet</i> , bentuk WWC
2	(Nejat et al., 2025a)	Passive cooling assessment of natural ventilation by <i>Windcatchers</i> for enhancing thermal comfort and indoor air quality in European schools	Evaluasi ventilasi alami oleh <i>Windcatcher</i> di iklim tropis lembap	Simulasi CFD terperinci	Peningkatan airflow dan penurunan suhu interior	Geometri <i>Inlet, Outlet, ducting</i>
3	(Montazeri and Montazeri, 2018)	CFD simulation of cross-ventilation in buildings using rooftop wind-catchers: Impact of <i>Outlet</i> openings	Pengaruh bukaan <i>Outlet</i> pada performa ventilasi bangunan bertingkat	CFD RANS 3D dengan validasi terowongan angin	Pengaturan <i>Outlet</i> penting untuk kualitas udara dalam	Posisi dan ukuran <i>Outlet</i>
4	(Tantasavasdi et al., 2025)	Combined wind catchers and side windows for cross ventilation in row houses	Integrasi <i>Windcatcher</i> dan jendela untuk ventilasi silang	CFD & uji eksperimental	Ventilasi efektif meningkat 17%	Kombinasi <i>Inlet, Outlet</i> , tata letak jendela
5	(Benkari et al., 2017)	Design and performance comparison of two patterns of wind-catcher for a semi-enclosed courtyard	Perbandingan pola <i>Windcatcher</i> untuk ventilasi alami	CFD & eksperimen	Pola X blades hasil aliran udara 51.9% lebih tinggi	Bentuk dan pola penyangga
6	(Prima and Prima, 2019)	Wind catcher and <i>Solar Chimney</i> integrated as an alternative ventilation for urban dense settlements in tropical climate	Sistem ventilasi alami kombinasi <i>Windcatcher</i> dan cerobong surya	Simulasi CFD untuk bangunan tropis lembap	Efisiensi pendinginan dan ventilasi meningkat 18%	Kombinasi sistem, orientasi bangunan
7	(Qadourah, 2024)	Improving Natural Ventilation Multi-Story Buildings within Hot and Dry Climates: A CFD Study of <i>Windcatcher</i> Performance	Studi CFD <i>Windcatcher</i> di bangunan bertingkat di iklim panas kering	CFD DesignBuilder, validasi termal	Kombinasi multi- <i>Windcatcher</i> tingkatkan performa ventilasi	Jumlah dan posisi cerobong
8	(Alsailani et al., 2021a)	Towards optimal aerodynamic design of wind catchers: Impact of geometrical characteristics	Optimalisasi desain aerodinamika <i>Windcatcher</i> pada gedung bertingkat melalui parameter geometrik dan internal guide vane.	Simulasi CFD RANS, validasi eksperimental, analisa performa airflow dan kecepatan pada berbagai geometri.	Bentuk, dimensi, dan penempatan guide vane mempengaruhi airflow dan efektivitas ventilasi; desain optimal menghasilkan perbaikan 15-35% pada ventilasi.	Geometri <i>Windcatcher</i> , guide vane, airflow velocity, distribusi udara ruang.

No	Peneliti (Tahun)	Judul Penelitian	Fokus Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian	Parameter
9	(Almazmumi et al., 2025b)	Numerical modeling and wind tunnel testing of a novel wall <i>Windcatcher</i> natural ventilation system for multi-floor buildings	Pengujian model numerik dan wind tunnel untuk sistem ventilasi <i>Windcatcher</i> modern di gedung tinggi dengan berbagai konfigurasi.	Simulasi CFD dan eksperimen wind tunnel pada konfigurasi gedung bertingkat dan <i>Windcatcher</i> .	Validasi bahwa model numerik CFD konsisten dengan hasil eksperimen, serta efisiensi ventilasi meningkat jika <i>Windcatcher</i> dioptimalkan pada ketinggian dan orientasi tertentu.	Model <i>Windcatcher</i> , konfigurasi, ketinggian, orientasi; airflow rate, pressure drop.
10	(Alhraki and Sultan Qurraie, 2025)	CFD evaluation of wind catcher geometry and internal partitions for enhanced ventilation in Nizwa, Oman	Analisis pengaruh variasi geometri dan partisi internal <i>Windcatcher</i> terhadap kinerja ventilasi alami pada bangunan di iklim panas dan kering	Simulasi CFD beberapa skenario kombinasi bentuk <i>Windcatcher</i> (persegi, persegi panjang) dan tipe partisi (+, X, X+, H blades) dalam model gedung; pengukuran laju aliran udara dan perbandingan performa	Geometri persegi dengan partisi X atau gabungan X+ meningkatkan laju ventilasi ruang dalam hingga 51,9% dibanding baseline; H blades adalah konfigurasi dengan kinerja terlemah	Bentuk <i>Windcatcher</i> (square, rectangular), jenis internal partition (+, X, H, X+), air velocity pada beberapa titik, skenario CFD

Dalam satu dekade terakhir, kajian mengenai ventilasi alami berbasis *Windcatcher* mengalami perkembangan yang cukup pesat. Banyak penelitian memanfaatkan *Computational Fluid Dynamics* (CFD) untuk menganalisis performa ventilasi, pola aliran udara, serta potensi pendinginan pasif pada bangunan (Montazeri and Montazeri, 2018; Nejat *et al.*, 2025a). Fokus utama penelitian umumnya berkisar pada optimasi geometri *Windcatcher*, pengaturan rasio *Inlet-Outlet*, serta orientasi terhadap arah angin untuk memaksimalkan wind-driven ventilation. Sejumlah studi juga mulai mengeksplorasi integrasi *Windcatcher* dengan elemen ventilasi pasif lainnya seperti jendela operasional atau

Solar Chimney untuk menghasilkan laju aliran udara yang lebih stabil sepanjang hari (Almazmumi et al., 2025c).

Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada bangunan bertingkat rendah hingga menengah dan terutama dilakukan di wilayah iklim panas kering, di mana perbedaan temperatur luar-dalam cukup besar dan kondisi angin relatif konsisten. Karakteristik ini sangat berbeda dengan iklim tropis lembap, di mana angin sering berkecepatan rendah, temperatur luar cenderung tinggi, dan kondisi mikroklimat berubah cepat. Dalam situasi seperti ini, sistem ventilasi berbasis tekanan angin konvensional kerap tidak mampu berfungsi optimal.

Selain itu, terdapat sejumlah kesenjangan penelitian yang cukup jelas, terutama terkait penerapan *Windcatcher* pada:

1. bangunan tinggi tanpa void atau atrium,
2. bangunan dengan jalur sirkulasi vertikal yang terbatas,
3. kawasan urban padat yang memicu turbulensi dan menurunkan tekanan angin,
4. penggunaan *Tower Windcatcher* (TWC) dan *Solar Chimney* untuk banyak lantai.

Studi-studi yang membahas *Windcatcher* pada gedung tinggi umumnya berhenti pada analisis saluran vertikal generik, tanpa menghitung secara detail penurunan tekanan angin pada lantai menengah hingga lantai atas ketika sistem sepenuhnya mengandalkan mekanisme *wind-driven* (Almazmumi et al., 2025c). Akibatnya, aliran udara vertikal yang dihasilkan belum merata dan sulit dipastikan konsistensinya.

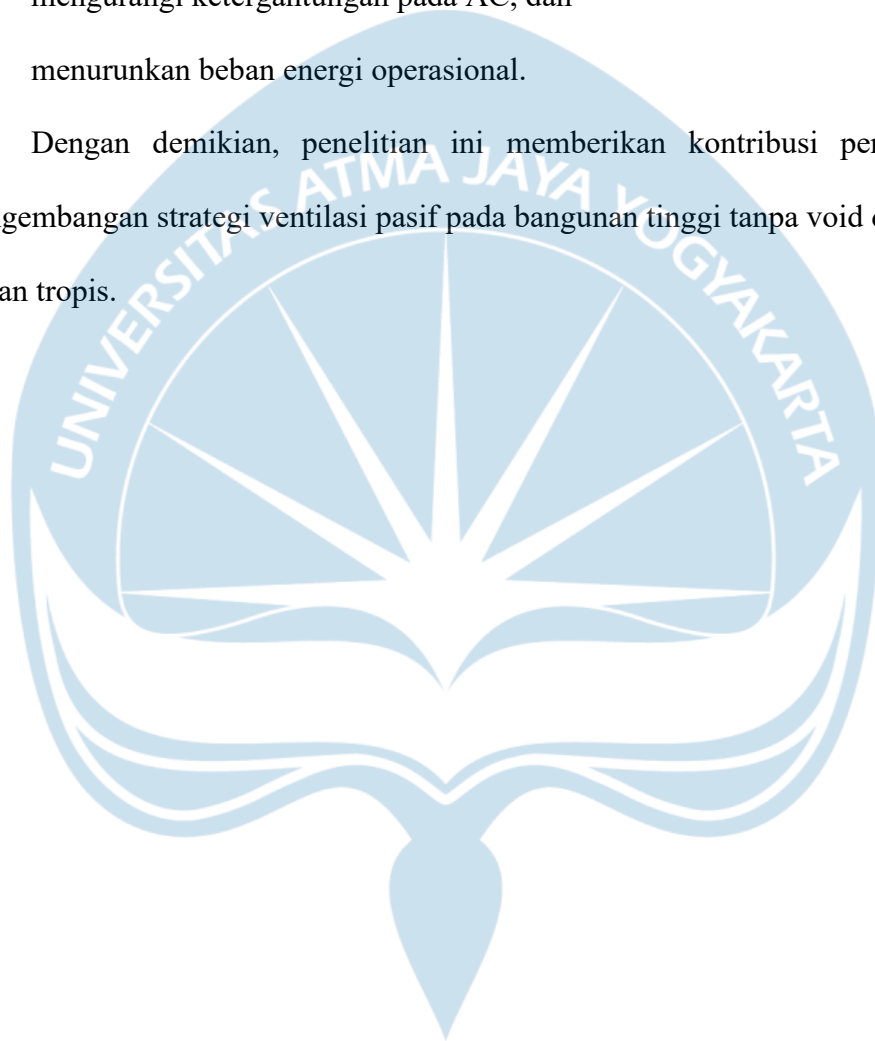
Sementara itu, riset mengenai *Solar Chimney* menunjukkan bahwa *stack effect* dapat memberikan dorongan vertikal yang kuat untuk menggerakkan aliran udara. Namun, sebagian besar studi pada bangunan bertingkat masih menggunakan geometri cerobong dua dimensi atau model cerobong tunggal, bukan *Solar Chimney* berundak (*stepped Solar Chimney*) yang lebih sesuai untuk gedung tinggi tanpa void.

Kesenjangan penelitian semakin terlihat karena sejauh ini meneliti penerapan kombinasi *Tower Windcatcher* dan *Solar Chimney* yang secara spesifik dalam satu sistem ventilasi alami hibrida yang dirancang khusus untuk bangunan tinggi di iklim tropis lembap memiliki potensi yang menarik secara teoritis dan berlandaskan penelitian-penelitian sebelumnya yang mendukung argumentasi ide ini. Padahal, kombinasi keduanya berpotensi menghasilkan aliran udara yang lebih stabil: TWC mengalirkan udara segar dari luar bangunan, sementara SC membantu menarik udara ke atas melalui efek buoyancy. Meski demikian, integrasi ini belum pernah diuji secara menyeluruh pada konteks bangunan tanpa jendela, tanpa void, dan setinggi 10 lantai seperti kasus Gedung Balai Kota Magelang, terutama dengan mempertimbangkan data iklim tropis.

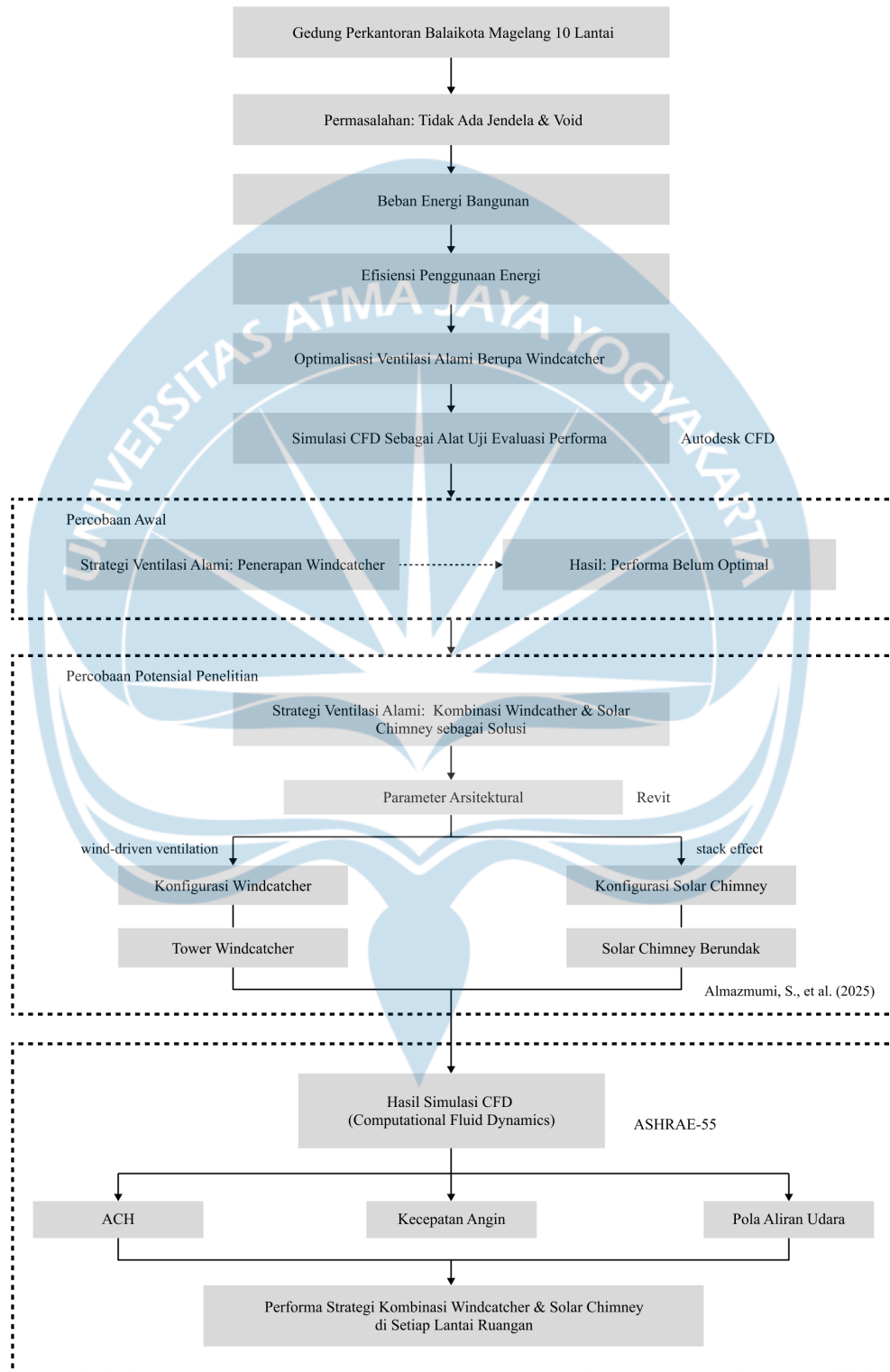
Penelitian ini hadir untuk mengisi kekosongan tersebut melalui pendekatan baru berupa perancangan dan evaluasi sistem gabungan *Tower Windcatcher* dan *Solar Chimney* berundak pada bangunan bertingkat di iklim tropis lembap. Sistem hibrida ini ditujukan untuk:

1. meningkatkan efisiensi ventilasi alami,
2. menaikkan nilai *Air Changes per Hour* (ACH) dan kecepatan angin di setiap lantai,
3. mengurangi ketergantungan pada AC, dan
4. menurunkan beban energi operasional.

Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi penting bagi pengembangan strategi ventilasi pasif pada bangunan tinggi tanpa void di kawasan urban tropis.



1.7 Kerangka Berpikir Penelitian



Gambar 1. 1 Kerangka Berpikir Penelitian

Penelitian ini berangkat dari kondisi aktual Gedung Perkantoran Balai Kota Magelang yang memiliki 10 lantai. Dari pengamatan awal, ditemukan permasalahan utama berupa tidak adanya jendela dan void pada beberapa area. Kondisi tersebut menyebabkan tidak adanya jalur masuk udara segar, sehingga sistem ventilasi alami tidak dapat bekerja secara optimal.

Minimnya aliran udara segar berdampak langsung pada meningkatnya konsumsi energi gedung, terutama karena ketergantungan yang tinggi terhadap sistem pendingin mekanis seperti AC untuk menjaga kenyamanan termal. Situasi ini tidak hanya memengaruhi kenyamanan pengguna, namun juga berkaitan dengan isu efisiensi energi pada bangunan bertingkat.

Untuk merespons masalah tersebut, penelitian ini difokuskan pada upaya optimalisasi ventilasi alami untuk mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan AC melalui penerapan *Windcatcher* sebagai langkah awal. *Windcatcher* dipilih karena mampu menangkap aliran angin pada ketinggian dan menyalurkannya secara pasif ke dalam ruangan. Evaluasi performa *Windcatcher* dilakukan menggunakan simulasi CFD (*Computational Fluid Dynamics*) melalui perangkat lunak Autodesk CFD. Hasil percobaan awal menunjukkan bahwa penerapan *Windcatcher* saja belum mampu menghasilkan ventilasi yang memadai, terutama pada bangunan tinggi tanpa bukaan.

Temuan tersebut kemudian menjadi dasar pengembangan strategi lanjutan dengan mengombinasikan *Windcatcher* dan *Solar Chimney* sebagai satu sistem ventilasi terpadu. Kombinasi keduanya diharapkan mampu meningkatkan performa

ventilasi melalui dua mekanisme sekaligus, yaitu tekanan angin (*wind-driven ventilation*) dan efek *buoyancy* akibat perbedaan suhu (*stack effect*).

Tahap selanjutnya adalah penentuan parameter arsitektural yang dimodelkan menggunakan perangkat lunak Revit. Parameter ini mencakup:

1. Desain dan konfigurasi *Windcatcher*, termasuk opsi *Tower Windcatcher*
2. Pengembangan variasi desain *Solar Chimney*, termasuk *Solar Chimney* berundak

Perancangan ini merujuk pada penelitian terkini, seperti Almazmumi et al. (2025), agar model yang dihasilkan memiliki dasar ilmiah yang kuat dan relevan.

Setelah konfigurasi arsitektural disusun, dilakukan kembali simulasi CFD untuk mengevaluasi performa setiap skenario kombinasi *Windcatcher-Solar Chimney*. Analisis dilakukan berdasarkan tiga indikator utama yang mengacu pada standar ASHRAE-55, yaitu:

1. Kecepatan udara dalam ruangan (*air velocity*) untuk mengukur kenyamanan
2. Pola aliran udara (*airflow pattern*) untuk melihat distribusi ventilasi antar lantai
3. *Air Change per Hour (ACH)* sebagai indikator tingkat pergantian udara

Melalui analisis tersebut, penelitian ini bertujuan menilai efektivitas dan kelayakan strategi ventilasi alami pada bangunan bertingkat tanpa bukaan serta menentukan skenario terbaik untuk mencapai performa ventilasi yang optimal. Dengan demikian, alur berpikir penelitian ini tersusun secara sistematis, mulai dari identifikasi masalah, penentuan solusi awal, pengembangan strategi berbasis temuan, hingga evaluasi komprehensif melalui simulasi CFD.

1.8 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini disusun dengan memuat isinya berupa latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian secara teoritis dan praktis, keaslian penelitian, kerangka berpikir penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab II berisikan literatur sebagai penunjang informasi yang dibutuhkan pada bab hasil dan interpretasi penelitian. Dalam hal ini, secara umum, isi bab tinjauan pustaka mencakup informasi seputar, ventilasi alami, wincatcher, dan CFD sebagai alat simulasi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Fokus bahasan pada bab ini adalah bagaimana cara untuk mendapatkan output penelitian yakni bagaimana penggunaan metode atau langkah-langkah spesifik dari menghasilkan data mentah dan sampai menjadi data yang bisa diinterpretasikan.

BAB IV WILAYAH PENELITIAN

menjelaskan tentang wilayah penelitian yang menjadi konteks dan objek utama studi ini, yaitu Gedung Balaikota Kota Magelang. Pada bagian awal, diuraikan gambaran umum lokasi dan fungsi bangunan serta karakteristik fisiknya, khususnya terkait ketiadaan void yang berdampak pada sistem ventilasi alami. Selanjutnya, dibahas kondisi iklim mikro setempat, meliputi

kelembapan, kecepatan angin, dan faktor urban seperti kepadatan bangunan yang mempengaruhi desain ventilasi.

BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil analisis data yang diperoleh dari simulasi CFD dan studi lapangan terkait efektivitas sistem *Windcatcher* dalam ventilasi alami pada Gedung Balaikota Kota Magelang. Pembahasan difokuskan pada evaluasi performa variasi desain *Windcatcher*, mencakup distribusi aliran udara, kecepatan angin di zona hunian, dan pencapaian standar kenyamanan termal.

Penjelasan hasil didukung dengan interpretasi visualisasi simulasi, perbandingan antar konfigurasi *Windcatcher*, serta kaitannya dengan karakteristik iklim lokal. Selain itu, dibahas implikasi hasil terhadap efisiensi energi operasional gedung dan keterbatasan teknis yang ditemukan selama studi.

BAB VI KESIMPULAN, IMPLIKASI PENELITIAN DAN SARAN

Bab ini menyajikan kesimpulan utama hasil penelitian mengenai evaluasi sistem *Windcatcher* untuk ventilasi alami pada Gedung Balaikota Kota Magelang. Kesimpulan menegaskan efektivitas variasi desain *Windcatcher* yang terintegrasi dengan ducting vertikal dalam meningkatkan distribusi dan kecepatan udara sesuai standar kenyamanan termal di bangunan bertingkat tanpa void. Penelitian ini juga menyoroti pentingnya adaptasi desain terhadap karakteristik iklim tropis lembap dan pengaruh lingkungan urban. Selanjutnya diberikan saran terkait pengembangan desain *Windcatcher* yang

lebih optimal dan aplikatif, termasuk rekomendasi untuk implementasi teknis di proyek sejenis. Saran juga mencakup perlunya studi lanjutan dengan pengujian lapangan pasca konstruksi untuk memvalidasi hasil simulasi dan mendukung implementasi lebih luas pada bangunan hijau di lingkungan tropis perkotaan.

